

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-48666

(43)公開日 平成7年(1995)2月21日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 3 C 14/06	K	9271-4K		
B 2 3 B 27/14	B	9326-3C		
B 2 3 P 15/28	A	7528-3C		
C 2 3 C 30/00	A			

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平4-8666

(22)出願日 平成4年(1992)1月21日

(31)優先権主張番号 0 0 1 5 0 / 9 1 - 0

(32)優先日 1991年1月21日

(33)優先権主張国 スイス (CH)

(71)出願人 590000031

バルツェルス アクチエンゲゼルシャフト  
 リヒテンシュタイン国、エフエル 9496  
 バルツェルス (番地なし)

(72)発明者 ハンス シュルツ

リヒテンシュタイン国、エフエル-9496,  
 バルツェルス, アルテ ヒュレルシュトラ  
 ーセ 772

(72)発明者 カール-ハインツ ツェンター

オーストリア国、アー-6830 ランクウェ  
 イル, ハデルドルフシュトラーセ 7

(74)代理人 弁理士 青木 朗 (外4名)

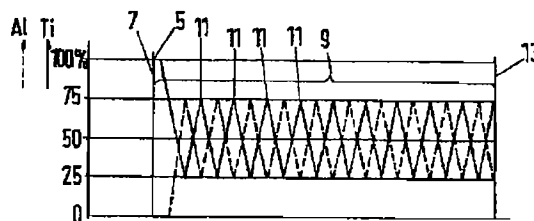
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 コーティングされた高耐摩耗性工具および高耐摩耗性工具に物理的にコーティングを施す方法

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 高速の断続切削の場合でも満足のできる結果を示す高耐摩耗性コーティングを持つ工具。

【構成】  $Me^1_{1-x} \cdot (\alpha_2 Me^2 \cdot \alpha_3 Me^3 \cdot \dots \alpha_n Me^n) \cdot Nu C v O w$  -コーティングが施され、該コーティングでの  $(\alpha_2 Me^2 \cdot \alpha_3 Me^3 \cdot \dots \alpha_n Me^n)$  に対する  $Me^1$  濃度の比が層厚全体に亘って少なくとも一度は連続的に変化し、このとき  $Me^1$  は周期律の化学グループIVbの金属であり、 $Me^2$ ,  $Me^3$ ,  $\dots Me^n$  は同一の化学グループの他の金属あるいは他の化学グループの金属であり、 $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ ,  $\dots \alpha_n$  はそれぞれの金属の混合割合を示し、 $u$ ,  $v$ ,  $w$  および  $x$  は1と零の間にあり、かつ  $u+v+w=1$  である、コーティングされた高耐摩耗性工具。



(2)

特開平7-48666

1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 コーティングされた高耐摩耗性工具であって、 $Me^1_{1-x} \cdot (\alpha_2 Me^2 \cdot \alpha_3 Me^3 \cdot \dots \alpha_n Me^n) \times NuCvOw$  - コーティングが施され、該コーティングでの  $(\alpha_2 Me^2 \cdot \alpha_3 Me^3 \cdot \dots \alpha_n Me^n)$  に対する  $Me^1$  濃度の比が層厚全体に亘って少なくとも一度は連続的に変化し、このとき  $Me^1$  は周期律の化学グループIVb の金属であり、 $Me^2$ 、 $Me^3$ 、 $\dots$   $Me^n$  は同一の化学グループの他の金属あるいは他の化学グループの金属であり、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ 、 $\dots$   $\alpha_n$  はそれぞれの金属の混合割合を示し、 $u$ 、 $v$ 、 $w$  および  $x$  は1と零の間にあり、かつ  $u+v+w=1$  であることを特徴とする高耐摩耗性工具。

【請求項2】 請求項1に記載の高耐摩耗性工具において、前記  $x$  が0.1と0.7との間にあることを特徴とする高耐摩耗性工具。

【請求項3】 請求項1または2に記載の高耐摩耗性後部において、前記  $v$  およ  $w$  のいずれか一方もしくは双方が零であることを特徴とする高耐摩耗性工具。

【請求項4】 請求項1または2に記載の高耐摩耗性後部において、 $w < 0.3$  であることを特徴とする高耐摩耗性工具。

【請求項5】 請求項1から4までのいずれか1項に記載の高耐摩耗性工具において、前記金属  $Me^2$ 、 $Me^3$ 、 $\dots$   $Me^n$  が周期律の化学グループIVb の他の金属、バナジウムおよびアルミニウムとされるか、もしくはそれらのいずれか1つあるいは2つとされることを特徴とする高耐摩耗性工具。

【請求項6】 請求項1から5までのいずれか1項に記載の高耐摩耗性工具において、マイクロメートル層厚当りのコーティングに、2ないし50、好ましくは8ないし15の相対的なチタン化合物濃度ピークが存在することを特徴とする高耐摩耗性工具。

【請求項7】 請求項6に記載の高耐摩耗性工具において、相対的な  $Me^1$  濃度ピークの間隔がコーティングの自由表面に向かって増加することを特徴とする高耐摩耗性工具。

【請求項8】 請求項1から7までのいずれか1項に記載の高耐摩耗性工具において、コーティングの層厚が1ないし7、好ましくは2ないし4  $\mu m$  であることを特徴とする高耐摩耗性工具。

【請求項9】 請求項1から8までのいずれか1項に記載の高耐摩耗性工具において、コーティングが、単相の、好ましくは面心立方材料から形成されることを特徴とする高耐摩耗性工具。

【請求項10】  $Me^1$  濃度変化特性がコーティング層厚全体に亘って少なくともほぼ連続した関数であることを特徴とする高耐摩耗性工具。

【請求項11】 請求項1から10までのいずれか1項に記載の高耐摩耗性工具に物理的にコーティングを施す

コーティング方法であって、高耐摩耗性工具の基体(1)に供給される少なくとも2つの蒸気流の比を変化させ、この変化が該基体(1)上で連続的に交互に変化する材料濃度を持つコーティングを維持させるように行われることを特徴とするコーティング方法。

【請求項12】 請求項11に記載のコーティング方法において、前記蒸気流を変化させるために、前記基体(1)と少なくとも1つの蒸気源との相対距離が変化されることを特徴とするコーティング方法。

【請求項13】 請求項11または12に記載のコーティング方法において、前記少なくとも1つの蒸気流がアーク放電によって発生させられることを特徴とするコーティング方法。

【請求項14】 請求項13に記載のコーティング方法において、前記基体(1)上に沈積すべき所定の材料濃度変化に従って前記アーク放電の出力がコーティング期間中に好ましくは約20%ほぼ連続的に変化させられることを特徴とするコーティング方法。

【請求項15】 請求項11から14までのいずれか1項に記載のコーティング方法において、前記少なくとも1つの蒸気流がスパッタリングによって発生され、前記基体(1)上で沈積すべき所定の材料濃度変化に従って前記スプレイスパッタリングの出力がコーティング期間中に好ましくは約30%ほぼ連続的に変化させられることを特徴とするコーティング方法。

【請求項16】 請求項11から15までのいずれか1項に記載のコーティング方法において、前記少なくとも1つの蒸気流が合金の蒸発によって発生させられることを特徴とするコーティング方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は請求項1の冒頭に記載されたようなコーティングされた高耐摩耗性工具に関し、また請求項11の冒頭に記載されたような高耐摩耗性工具に物理的にコーティングを施すコーティング方法に関する。

## 【0002】

【従来技術】 例えば、DE-PS 35 12 968 には、耐摩耗性コーティングを施した工具が開示されている。この公知の工具においては、陰極スパッタリングあるいは他のPVD(Physical vapor deposition)法によって金属表面に0.002から0.1  $\mu m$  の層厚を有する複数の個別層が設けられる。このような層を形成するために工具基体の表面は全コーティング期間中に陰極として異なった硬い材料からなる少なくとも2つのスパッタリング陰極に対して移動させられる。

【0003】 スパッタリング陰極としては、TiC と TiB<sub>2</sub>、TiN と TiB<sub>2</sub>、TiC と TiN、TiC と TiN と TiB<sub>2</sub>、TiB<sub>2</sub> と WC、TiB<sub>2</sub> と Ti(C, N)TiB<sub>2</sub> と (Ti, V)CTiB<sub>2</sub> と (Ti, W)

(3)

特開平7-48666

3

4

C、(Ti,V)B<sub>2</sub> と (Ti, V)C、(Ti, Nb)B<sub>2</sub> と (Ti, Nb)C、VB<sub>2</sub> と TiN、VB<sub>2</sub> と WC、HfB<sub>2</sub> と TaC、ZrB<sub>2</sub> と TaC あるいは ZrB<sub>2</sub> と NbC 等が用いられ、層内に非常に多数の内的な界面を形成することに重点が置かれている。上述の工具の耐久力は、高速の断続切削の場合にも変わらないことが望ましい。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明の課題は、高速の断続切削の場合でも満足のできる結果を示す高耐摩耗性コーティングを持つ工具を提供することである。

【課題を解決するための手段】この課題は、工具に関しては請求項1の記載事項によって解決され、工具にコーティングを施す方法については請求項11の記載事項によって解決される。工具の好ましい実施態様については請求項2から10に記載され、コーティング方法の好ましい実施態様については請求項12から16に記載されている。

## 【0005】

【実施例】以下、図面を参照して、本発明による工具の製造の一例について説明する。図1には、本発明による高耐摩耗性コーティング、すなわち材料濃度に変化するコーティングを施すための蒸着装置の具体例が概略的に図示される。蒸着装置には、排気装置20を有する真空室19と、絶縁保持された穿孔マスク26によって真空室19から電気的に分離された熱陰極22を有する熱陰極室21とが設けられる。熱陰極22は電流供給装置27から給電される。穿孔マスク26の下方の、真空室19の底部29の上方には、高さ調節可能で冷却可能な坩堝30が配置され、坩堝30には蒸発材料としてチタンが配置されている。図1において坩堝30は坩堝の一番下の位置から距離dだけ離れて点線で示されている。坩堝30の高さ調節は、高さ調節可能な移動装置28を介して行われる。移動装置はスピンドルガイドを有し互いに入り組んで移動可能な3つのシリンダから形成される。坩堝30内にあるチタン31は移動可能なマスク33によって覆うことができる。真空室19内には長手軸を中心に回転可能な導電性の6つの支持体35が設けられており、図2にはそのうちの4つが示され、支持体のそれぞれのホルダ36には高速度鋼S 6-5-2 からなるコーティングすべき工作物の基体1が保持されている。支持体35はその軸を中心に回転可能に回転板37上に配置され、かつこの回転板によって互いに電気的に接続されている。回転板37は真空室19の底部29と壁に対して電気的に絶縁されている。ホルダ36は支持体35と電気的に導電接続されている。ホルダ36に保持された基体1は図1と図2に概略図示するマスク34によって、坩堝30内にあるチタン31に対して覆うことができる。

【0006】熱陰極室21にガス導入部39が接続され、ガス導入部は穿孔マスク26の孔を介して真空室と

連通される。概略図示するそれぞれの磁気コイル43は真空室19の底部29の真上、かつカバー部分45に接して配置され、ほぼ平行な垂直の磁場を発生する。回転板37は電気的な導線47と閉成可能なスイッチ46を介して調節可能な電圧発生器48と接続され、電圧発生器の他の極はアースされている。

【0007】真空室19の垂直の壁内には、陰極スパッタリングを行う3つの陰極スパッタリング装置49aと3つの陰極スパッタリング装置49bが交互に配置され、そのうちの3つが図2に示されている。それぞれの陰極スパッタリング装置49aと49bには不図示の冷却用の熱交換機が設けられている。陰極スパッタリング装置49aないし49bのリング50aないし50bの内部には、25原子パーセントのチタンを含むチタン-アルミニウム合金を有するターゲット51aないし51bがリングによって絶縁されて配置されており、ターゲットは制御可能な電圧源53の負の極と接続されている。電圧源53の正の極は真空室19の壁及びリング50aと50bと接続されている。熱陰極22と坩堝30は電気的な導線を介して制御可能な電源装置32と接続されている。6つの陰極スパッタリング装置49aと49bは、それぞれ図1と2に概略図示するマスク54によってホルダ36上の基体1に対して被覆可能である。

【0008】切削加工用の工具、例えばドリルあるいはフライス等のコーティングを行うために、工具の基体1が支持体35のホルダ36に固定され、チタン31が坩堝30に装入され、上述の25原子パーセントのチタン-アルミニウム合金を有する上述のターゲット51aと51bが陰極スパッタリング装置49aないし49bに装入される。次に真空室19が閉鎖され、排気されて、基体1のコーティングすべき表面がDE-OS 34 06 953 ないしCH-PS 658 545 に記載の方法に従って、熱陰極22から坩堝30へ燃焼される低ボルトアーク52によって加熱され、CH-PS631 743 に記載の方法に従って浄化される。その間坩堝30内のチタン31はマスク33によって覆われている。

【0009】基体1のコーティングすべき表面を加熱し、かつ浄化した後に、例えばDE-OS28 23 876 に記載のようにイオンプレーティングによって基体1上にチタンの下地層が形成される。真空室19内にガス供給導管39を介して0.2 Paの分圧に達するまでアルゴンが装入される。基体1は電気的に浮動している。回転板35は、その上で回転する支持体35と共に約6回転/分で回転する。コーティングすべき基体1は回転しながらターゲット51aと51bを通過する。マスク33がチタン31から、マスク34が基体1から除去されて、基体1上に十数ないし数十ナノメートルのチタンの極く薄い層5が形成される。

【0010】次に分当り120 標準立方センチメートルの窒素がガス供給導管39を通して真空室19内に装入さ

(4)

特開平7-48666

5

6

れ、窒素流が安定化されたら、陰極スパッタリング装置49aと49bに電圧が印加され、約50ボルトの負の電圧が回転板37に印加される。次に窒素流が分当り250標準立方センチメートルに増大され、それによって真空室19内の全圧力が0.3 Paに上昇する。

【0011】低ボルトアークの電流が電源装置32によって制御されて200 Aに上昇され、ターゲット出力が電圧源53によって10 kWに上昇される。低ボルトアーク52によって増埧30から蒸発されて陰極スパッタリングによって一部遊離したチタンとアルミニウムの蒸気流が真空室19内の窒素と一体化し、チタン及びアルミニウム窒化物として基体1上に沈積する。全コーティング工程の間アーク電流は約29 A/minの勾配で200Aから160Aの間、陰極スパッタリングの出力は約2.5 kW/minの勾配で10 kWから15 kWの間でアーク電流に対して逆相でほぼ三角形にほぼ連続的に変化される。40分後に基体1の表面7上には図3に示すように、チタン化合物濃度ピーク11を有する4  $\mu\text{m}$  厚さの層9が形成され、その際に沈積された層のチタンアルミニウム比は75対25パーセントと50対50パーセントの間で連続的に変化し、すなわちチタン化合物濃度ピーク11でコーティングは $\text{Ti}_{0.75}\text{Al}_{0.25}\text{N}$ と、 $\text{Ti}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{N}$ から形成される。図3にはチタン濃度のカーブは実線で示され、アルミニウム濃度のカーブは点線で示されている。層9の自由表面は符号13で示されている。

【0012】低ボルトアーク52の電流が上述の値より高い値を中心に揺動すると、チタン窒化物の割合は90パーセントまで上昇する( $\text{Ti}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{N}$ )。同様にして平均のアーク電流が低くなることによって30パーセントまで減少する( $\text{Ti}_{0.3}\text{Al}_{0.7}\text{N}$ )。低ボルトアーク52と陰極スパッタリング装置49a及び49bの出力を変化させる代わりに、200 Aの一定のアーク電流で、分当り1回増埧30を移動装置によって上下移動させることも可能である。また、コーティング工程の間低ボルトアーク52の出力と陰極スパッタリング装置49a及び49bの出力を変化させ、かつ増埧30を上下移動させることも可能である。チタン-アルミニウム合金を有するターゲット51aと51bを使用する代わりに、チタンからなる3つのターゲット51aとアルミニウムからなる3つのターゲット51bを使用することもでき、その場合には上述の出力より低い値を使用しなければならない。

【0013】反応性の窒素雰囲気だけを使用する代わりに、炭素を有する窒素-炭素混合気を放出するガス、例えばエチレンやエタンなどを使用することもでき、その場合には炭素の含有量は混合気の30体積パーセント以下でなければならない。その場合に、上述の25対75原子パーセントのチタンアルミニウム合金で低ボルトアーク52と陰極スパッタリング装置49a及び49bの出力をそれぞれ調節した後に、コーティングは $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}_u\text{C}_v\text{O}_w$ となり、その場合に $u+v+w=1$ および $w<$

0.3である。 $u=0.7$ 、 $v=0.3$  および $w=0$ を有する窒化炭素層を形成する場合には、窒素流を160標準立方センチメートルまで減少させ、さらに100標準立方センチメートルのエチレン流を装入する。プロセスパラメータはそれに適合される。

【0014】コーティング全体におけるチタン化合物濃度ピークの数と層厚と、マイクロメートル層厚当りのチタン化合物濃度ピークは、コーティングすべき工具の使用目的に従い、その場合に激しい衝撃荷重を有する断続切断に使用される工具においては、非常に多数の最大が選択され、主として連続切断に用いられる工具の場合には少ない数の最大が選択される。チタン化合物濃度ピークの間隔がコーティングの自由表面に向かって大きくなる場合には、摩耗に対する抵抗が増大し、その場合に主として連続的な切断に工具を使用する際に摩耗が激しい材料の場合には自由表面から最後の最大までの距離は0.5  $\mu\text{m}$  が良いことが明らかにされている。

【0015】冒頭で述べた上述の本発明方法によってコーティングされたHSS 螺旋ドリルによる耐久時間試験は、下記の表においては標示番号“4”で示されている。この螺旋ドリルはS 6-5-2 からなり6 mmの直径を有する。その基体は0.029%の硫黄含量を有し、1050 N/mm<sup>2</sup>の強度で焼き入れされている。このドリルが本発明でないドリルと共に開けた孔の特性数を検出する耐久性試験を受けた。孔は42CrMo4に形成された。標示番号“1”は、本発明でない窒化チタンコーティングを有する工具であって、低ボルトアークだけでコーティングされている。最初の3分間に80 Aの電流でチタンが蒸発し、窒素は真空室19に装入されなかった。基体1上に数ナノメートル厚さのチタン付着層が形成された後に、低ボルトアークの電流が200 Aまで上昇され、傾斜機能によって窒素が分圧 $4 \cdot 10^{-4}$  mbarになるまで真空室内に装入された。60分のコーティング時間の後に基体上には4  $\mu\text{m}$ の窒化チタン層が形成された。

【0016】標示番号“2”は、本発明でないチタンアルミニウム窒化物コーティングを有する工具を示すものであって、コーティングは“1”に示すコーティング方法の他にチタンとアルミニウムを蒸着することによって形成された。ターゲット組成としては25%のチタンと75%のアルミニウムが選択された。同様にしてチタン付着層が形成された。このチタン付着層の上に5分以内に0.3  $\mu\text{m}$ 厚さの窒化チタン中間層が形成された。その後陰極スパッタリング装置の出力を10kWに、低電圧アークのアーク電流を200 Aの増大させた。この駆動データが35分間維持され、75対25のチタン対アルミニウムパーセント比を有するチタンアルミニウム窒化物層の4  $\mu\text{m}$ 厚さのコーティングが形成された。

【0017】標示番号“3”で示すものは、本発明でないチタンアルミニウム窒化物コーティングを有するドリルであって、このコーティングは標示番号“2”を有す

(5)

特開平7-48666

7

8

るドリルと同様に形成された。ただ、低ボルトアークの  
アーク電流は160 A で陰極スパッタリング装置の出力は  
15kWが使用され、その後45分のコーティング時間でチタ  
ン対アルミニウムパーセント比が50対50の4  $\mu\text{m}$  厚さの  
コーティングが得られた。耐久性試験の切断条件として  
は次のものが選択された：

切断速度 47 m/min

送り 0.125 mm/U

冷却 3% エマルジョン

透孔の深さ 15 mm

テスト孔の数 10

耐久性の終了 ブランク制動

特性孔数において65% の欠落確率が発生した。

標示番号	特性孔数
"1"	550
"2"	670
"3"	630
"4"	1010

【0018】上述のドリルと同様に、HSS からなる回転  
切断プレートでも耐久性試験が行われた。方法に従って  
コーティング厚さは切削面で5  $\mu\text{m}$ 、自由面で4  $\mu\text{m}$  で  
あった。プレート幾何学配置はSCFT 120508 FNである。  
回転プレートをを用いて普通炭素鋼CK60の軸の切削が行わ  
れた。耐久性試験の縦方向回転条件として次のものが選  
択された：

切断速度 55 m/min

送り 0.2 mm/ 回転

切断深さ 2mm

冷却 3% エマルジョン

分における特性耐久時間として100  $\mu\text{m}$  のクレーター深  
さに達することが用いられた。

標示番号	特性耐久時間
"1"	8 分
"2"	11 分
"3"	13.5 分
"4"	17 分

【0019】S 6-5-2-10からなる直径10 mm の4 切断シ  
ャフトフライスにおける特性耐久距離による他の試験に  
おいては、上述の窒化炭素コーティングTi- $\text{Al}$ - $\text{N}$  の  
C v (u = 0.7、v = 0.3 (w = 0)) を用いてマイク  
ロメートルの層厚当りのチタン化合物濃度ピークの数の  
違いによる影響の試験が行われた。下記の表において、  
標示番号 "5" のシャフトフライスはチタンとアルミニ  
ウム原子比が一定の本発明でないコーティングで形成さ  
れており、チタンとアルミニウムの原子比は75対25と50  
対50の間で選択された。実験を行った結果、上述の枠内  
のチタンとアルミニウム原子比の違いは特性耐久距離に  
は及ばないことが明らかにされた。

【0020】標示番号 "6" は10のチタン化合物濃度ピ  
ークを有する本発明によりコーティングされたシャフト

フライスであって、標示番号 "7" は4  $\mu\text{m}$  当り100 の  
チタン化合物濃度ピークによってコーティングされてお  
り、コーティングにおけるチタンとアルミニウム原子パ  
ーセント比は75対25と50対50の間で変化された。上述の  
シャフトフライスの特性耐久距離を決定するために、下  
記の条件が選択された： 切削された工作物 GC 25

切断速度 60 m/min

送り 0.125 mm/ 回転

切断深さ 3 mm

10 冷却なし

特性耐久距離としては、摩耗マーク幅が200  $\mu\text{m}$  に達し  
たことが用いられる。

標示番号	特性耐久距離
"5"	7.5 m
"6"	11 m
"7"	13 m

【0021】下記の他の表には、突き刺し工具で行った  
他の試験が示されている。標示番号 "8" を有する突き  
刺し工具は、コーティングなしの種類M 1 5の超硬合金  
から形成されている。標示番号 "9" を有する工具には  
一定のチタン対アルミニウム原子比を有する本発明でな  
いコーティングが設けられ、ここでもチタン対アルミニ  
ウム原子比の値は影響しない。標示番号 "10" と "11"  
においては、上述の標示番号 "6" と "7" を有するシ  
ャフトフライスと同様に本発明によりコーティングされ  
た突き刺し工具が記載されている。

【0022】突き刺し工具の特性耐久量を決定するため  
に、X2NiCrMo 18 10からなる軸に下記の条件で2.5 mm深  
さの溝が形成され、この場合に耐久量というのは次の条  
件下で穿設された溝の数である。

軸の外径における切断速度 160 m/min

送り 0.05 mm/ 回転

切断深さ 3 mm

冷却

特性耐久性の判断基準としては、溝の表面の粗さがRz >  
1.5  $\mu\text{m}$  に達したことが用いられる。

標示番号	穿設された溝の数
"8"	50
"9"	80
"10"	90
"11"	130

連続的に変化する金属化合物濃度を有する上述の本発明  
の酸化炭素窒化物コーティングを用いることによって、  
この種の工具の耐久性が向上した。本発明によりコーテ  
ィングされた工具によって得られる孔の数の増大、耐久  
時間の増大、耐久距離の増大及び耐久量の増大は、上述  
の実施例から一義的に明らかである。

【図面の簡単な説明】

【図1】蒸着装置の概略断面図である。

【図2】図1に示す蒸着装置のI-I線に沿う部分断面

(6)

特開平7-48666

9

10

図であって、対称であるために蒸着装置の半分のみを示す図である。

【図3】蒸着装置によって基体上に形成された層内のチタンとアルミニウムの濃度の推移を示すグラフある。

【符号の説明】

1…基体

19…真空室

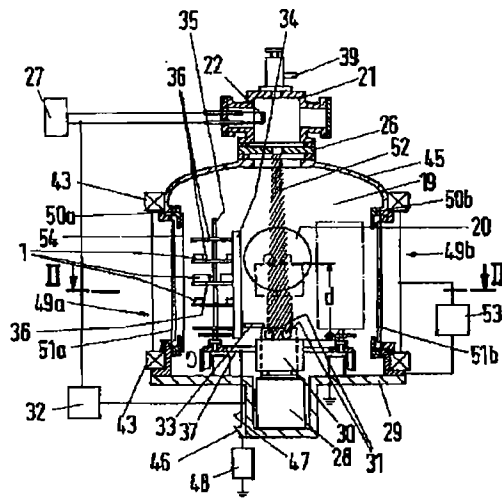
2 2...熱陰極

30...垵塢

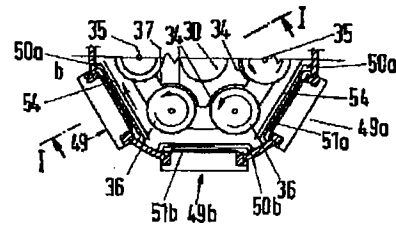
3 1…チタン

3 7 …回転板

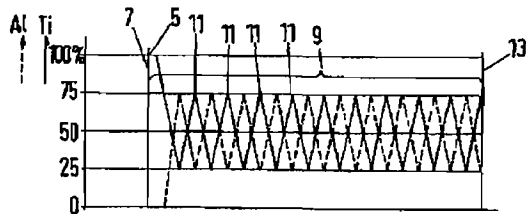
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

(72)発明者 エーリッヒ ベルクマン

スイス国, ツェーハー—8887 メルス, サ

ルガンセルシュトラーク 58